

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-303586

(43)Date of publication of application : 18.10.2002

(51)Int.Cl.

G01N 21/956
 G01B 11/30
 G01B 21/30
 G01N 23/04
 G01N 23/06
 G01N 23/225
 G06T 1/00
 H01L 21/66

(21)Application number : 2001-104153

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 03.04.2001

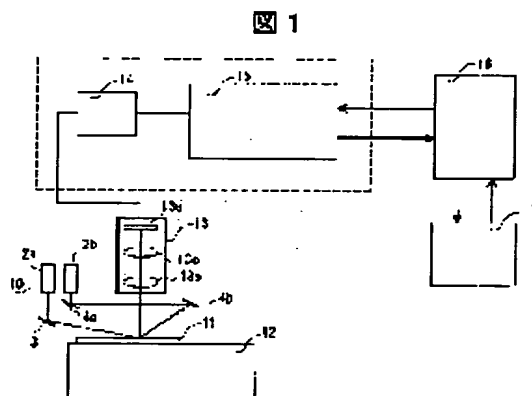
(72)Inventor : SAKAI KAORU
 MAEDA SHUNJI
 OKABE TAKASHI
 WATANABE MASAHIRO

(54) DEFECT INSPECTION METHOD AND DEFECT INSPECTION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a defect inspection method and a defect inspection device reducing binding hours of a user, providing selection of ideal test conditions, and capable of constantly realizing highly sensitive defect inspection.

SOLUTION: In the defect inspection device, inspection is carried out by changing contrast, brightness, appearance, and detection sensitivity for defects of an object to be inspected by optical system conditions and selecting the ideal test conditions. By quantitatively arranging and displaying evaluation values when the optical system conditions are changed, ideal optical conditions can be easily selected even by a unskilled person. By selecting an evaluation item with the highest satisfaction level from results of a series of test inspections, the ideal test conditions can be automatically selected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開2002-303586

(P2002-303586A)

(43)公開日 平成14年10月18日(2002.10.18)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 N 21/956		G 0 1 N 21/956	A 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/30		G 0 1 B 11/30	A 2 F 0 6 9
	21/30	21/30	2 G 0 0 1
G 0 1 N 23/04		G 0 1 N 23/04	2 G 0 5 1
	23/06	23/06	4 M 1 0 6
審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 14 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号	特願2001-104153(P2001-104153)	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成13年4月3日(2001.4.3)	(72)発明者	酒井 薫 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株 式会社日立製作所生産技術研究所内
		(72)発明者	前田 俊二 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株 式会社日立製作所生産技術研究所内
		(74)代理人	100068504 弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

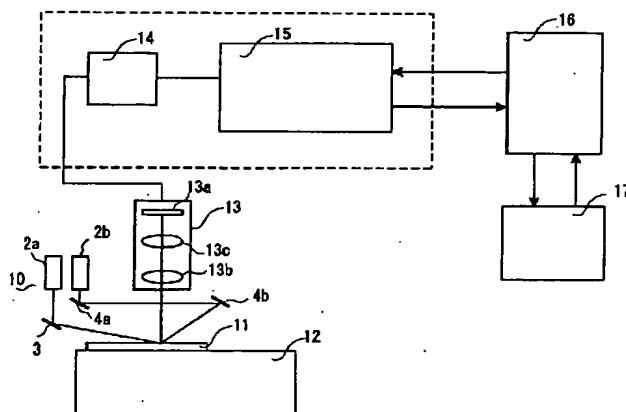
(54) 【発明の名称】 欠陥検査方法及び欠陥検査装置

(57) 【要約】

【課題】ユーザの拘束時間を軽減し、最適なテスト条件の選択を可能にし、常に高感度な欠陥検査を実現できるようにした欠陥検査方法および欠陥検査装置を提供することにある。

【解決手段】光学系条件によって被検査対象物のコントラスト、明るさ、見え方、欠陥の検出感度が変わり、最適なテスト条件を選択して検査を行う欠陥検査装置において、光学系条件を変えたときの評価値を定量的に並べて表示することにより、最適な光学条件を非熟練者での容易に選択できるようになる。また、一連のテスト検査の結果から評価項目の満足度の最も高いものを選択することにより、最適テスト条件を自動選択することが可能となる。

图 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 予め設定された複数の光学系条件項目から構成される複数のテスト条件を変えながら、光または荷電粒子のビームを被検査対象基板に照射することによって被検査対象基板から発生する光、二次電子、反射電子、透過電子、吸収電子のいずれかを検出して画像信号に変換し、該変換された画像信号をA/D変換して得られたデジタル画像信号を基に前記被検査対象基板上での欠陥部を見付ける一連のテスト検査を行うことを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項2】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において被検査対象基板上に見付けられた欠陥部の情報を、複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項3】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において被検査対象基板上に見付けられた欠陥部の情報を、複数のテスト条件について並べて提示し、該提示された欠陥部の情報を基に最適なテスト条件を選択することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項4】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項5】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示し、該提示された指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を基に最適なテスト条件を選択することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項6】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に虚報を含めて欠陥部の種類を分類し、該分類された結果を複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項7】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に真の欠陥部と虚報とに識別し、該識別された結果を複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項8】 請求項1記載の欠陥検査方法において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に真の欠陥部と虚報とに識別し、該識別された虚報比率の低いテ

スト条件を選択することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項9】 前記欠陥部の情報としては、欠陥部の分布を示す欠陥マップであることを特徴とする請求項2または3記載の欠陥検査方法。

【請求項10】 更に、前記テスト条件の相互間における欠陥部の一致度を提示することを特徴とする請求項9記載の欠陥検査方法。

【請求項11】 前記欠陥部の情報としては、指定した欠陥部の画像、指定した欠陥部のコントラスト、指定した欠陥部の明るさ若しくは濃淡差、指定した欠陥部の輝度分布の何れか複数の組であることを特徴とする請求項2または3記載の欠陥検査方法。

【請求項12】 更に、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする請求項2または3記載の欠陥検査方法。

【請求項13】 前記指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報としては、画像、コントラスト、明るさ、輝度分布の何れか複数の組であることを特徴とする請求項4または5記載の欠陥検査方法。

【請求項14】 前記指定した領域とは、欠陥部を高感度に検査したい領域であることを特徴とする請求項4または5記載の欠陥検査方法。

【請求項15】 更に、選択された最適テスト条件に対する評価項目における満足度を提示することを特徴とする請求項3または5記載の欠陥検査方法。

【請求項16】 更に、最適テスト条件に選択した後の検査中に、検査性能をリアルタイムで提示することを特徴とする請求項3または5または8記載の欠陥検査方法。

【請求項17】 予め設定された複数の光学系条件項目から構成される複数のテスト条件を変えながら、光または荷電粒子のビームを被検査対象基板に照射することによって被検査対象基板から発生する光、二次電子、反射電子、透過電子、吸収電子のいずれかを検出して画像信号に変換し、該変換された画像信号をA/D変換して得られたデジタル画像信号を基に前記被検査対象基板上での欠陥部を見付ける一連のテスト検査を行うように構成したことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項18】 請求項17記載の欠陥検査装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において被検査対象基板上に見付けられた欠陥部の情報を、複数のテスト条件について並べて提示する提示手段を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項19】 請求項17記載の欠陥検査装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示する提示手段を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項20】請求項17記載の欠陥検査装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に虚報を含めて欠陥部の種類を分類する分類手段と、該分類手段で分類された結果を複数のテスト条件について並べて提示する提示手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項21】請求項17記載の欠陥検査装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に真の欠陥部と虚報とに識別する識別手段と、該識別手段で識別された結果を複数のテスト条件について並べて提示する提示手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項22】更に、最適なテスト条件を選択する選択手段を備えたことを特徴とする請求項18または19または20または21記載の欠陥検査装置。

【請求項23】前記提示手段には、更に、前記テスト条件の相互間における欠陥部の一致度を提示するように構成したことを特徴とする請求項18記載の欠陥検査装置。

【請求項24】前記提示手段には、更に、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示するように構成したことを特徴とする請求項18記載の欠陥検査装置。

【請求項25】前記提示手段には、更に、選択された最適テスト条件に対する評価項目における満足度を提示するように構成したことを特徴とする請求項18または19記載の欠陥検査装置。

【請求項26】前記提示手段には、検査中に、検査性能をリアルタイムで提示するように構成したことを特徴とする請求項22記載の欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光もしくは荷電粒子のビームを用いて、半導体ウエハなどの被検査対象基板上的異物、形状不良、スクラッチなどの欠陥を高感度に検査できるようにした欠陥検査方法および欠陥検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】欠陥検査装置における光学式検査では偏向条件、波長域等、SEM式検査では加速電圧、ビーム電流、スキャン回数等、複数項目があり、また、その組み合わせにより設定可能な数は数十個にも及ぶ。この中から最も検査感度が良くなる1条件を設定し、検査を行う。

【0003】欠陥検査装置における光学あるいは荷電粒子の条件の設定方法に関する従来技術としては、特開平12-161932号公報（従来技術1）および特開2

000-193594号公報（従来技術2）が知られている。

【0004】従来技術1には、回路パターンが形成された基板表面に光、あるいは光および荷電粒子線を照射する手段と、該基板から発生する信号を検出する手段と、該検出手段により検出された信号を画像化して一時的に記憶する手段と、該記憶された当該領域の画像を他の同一の回路パターンが形成された領域と比較する手段と、該比較結果から回路パターン上の欠陥を判別する検査手段を備え、検査用および検査条件設定用の操作画面に操作内容あるいは入力内容を表示する領域を備え、前記操作画面が並列に表示される画面階層とされ、該画面階層を使用して検査条件を決定することが記載されている。

【0005】従来技術2には、回路パターンの形成された基板表面に光、または荷電粒子を照射し、該照射により基板表面から発生する信号を検出し、該検出した信号をデジタル画像として記憶し、該記憶された画像を同一の画像であることが期待される画像と比較して差異を抽出し、該比較により抽出された差異を表示することでパターンの欠陥を検出する回路パターン検査方法において、基板表面の指定された領域の画像を検出してデジタル画像として記憶し、記憶したデジタル画像に対し条件を変えて1回または複数回比較による差異の抽出を行い、該抽出結果より画像処理条件の適切さを判断することで差異の抽出が可能な比較の条件を検索し、該検索した条件を記憶し、該記憶した条件を用いて比較による欠陥を抽出し、該比較により抽出された欠陥部の画像を表示することが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術に記載されているように、欠陥検査装置では、検査の際に、画像を得るための光学系条件、および得た画像から欠陥を検出するための画像処理パラメータ等の多数のテスト条件を、図13に示すように、被検査対象毎に最適に設定するのが一般的である。

【0007】まず、欠陥検査装置において、ある光学系条件を設定し（S1301）、該設定された光学条件において特に高感度で検査したいパターンからの光学像を検出し（S1302）、この検出された光学像を表示手段に表示し、この表示された光学像のコントラストや明るさが十分か等をユーザが目視で確認する（S1303）。これを、光学系条件を変えながら複数回繰り返す。光学系条件には複数項目があり、その組み合わせまで数えると多大な数になるため、ユーザは、その中から光学像のコントラストや明るさが良好な複数個のテスト条件に絞り込む（S1304）。次に、画像処理のパラメータをセットし（S1305）、小領域でのテスト検査を行う（S1306）。そして、検出された欠陥候補のそれぞれについて、本来検出したい欠陥であるか、もしくは誤検出であったかを確認する（S1307）。こ

【0025】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、前記指定した領域とは、欠陥部を高感度に検査したい領域であることを特徴とする。

【0026】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、更に、選択された最適テスト条件に対する評価項目における満足度を提示することを特徴とする。

【0027】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、更に、最適テスト条件に選択した後の検査中に、検査性能をリアルタイムで提示することを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】本発明に係る欠陥検査装置に関わる実施の形態について図1乃至図12を用いて詳細に説明する。

【0029】本発明に係る欠陥検査装置における一実施の形態である半導体ウエハを被検査対象とした光学式外観検査装置についての構成を図1に示す。光学式外観検査装置は、検査対象となる半導体ウエハ11を固定し、移動させるステージ12と、半導体ウエハ11に対してUV光若しくはDUV光を非常に浅い斜め方向（低角度方向）および対物レンズを物理的に通さずにほぼ垂直方向（高角度方向）から照明する照明光学系10と、該照明光学系10によって照明された半導体ウエハ11からの光学画像を集光する対物レンズ13bと該対物レンズで集光された光学画像を結像させる結像レンズ13cと該結像レンズで結像された光学画像を取り込んで画像信号に変換するCCDやTDIセンサ等の検出器13aとを有する検出光学系13と、該検出光学系13の検出部13aからの出力信号をデジタル化するA/D変換回路14と、該A/D変換回路14から得られた2枚の画像の比較により欠陥を検出する画像処理部15と、全体制御部16と、出力結果や途中経過、検査情報を表示したり、ユーザからの入力を受け付けるユーザインターフェース部17とから構成される。

【0030】照明光学系10としては、例えば488nm、または365nmのレーザ光を出すレーザ光源2aと、YAGレーザの2倍波（532nm）若しくは4倍波（266nm）のDUVレーザ光またはKrFエキシマレーザ光を出すレーザ光源2bとで構成することができる。レーザ光源2aから出射されたレーザ光束は、ミラー3で反射させて半導体ウエハ11の表面に対して30度以下の非常に浅い角度（低角度）で入射させる。他方、レーザ光源2bから出射されたレーザ光束は、ミラー4aで反射させ、さらにミラー4bで反射させて半導体ウエハ11の表面に対して垂直に近い高角度で入射させる。このように、高角度で照明するのは、擬似輪帯照明となる。また、レーザ光源として、一つのレーザ光源2bを設ける場合には、出射されたレーザ光を、ミラー4bへとミラー3へと切り替える光路切り替え機構を

設ければよい。

【0031】なお、各レーザ光源2a、2bとしては、出射されるレーザパワーを制御できる光学系を有している。その結果、光学系条件項目として、半導体ウエハ11の表面に低角度および高角度で照射するレーザ光束のパワーを変えることができるように構成されている。このように、光学系条件項目として、レーザ光のパワーを変えることによって、コントラストや感度を調整することができる。

【0032】検出光学系13としては、レーザ光源2aおよびレーザ光源2bの両方を用いる場合、波長分離ビームスプリッタを用いて波長分離し、この波長分離されたそれぞれの光像を検出器13aで検出する必要がある。しかし、それぞれのレーザ光源2a、2bを別々のタイミングで動作させる場合には、ビームスプリッタおよび複数の検出器13aを設ける必要はない。なお、検出光学系13には、光学系条件項目として、例えば、結像倍率を変えられる光学系が設けられて構成される。このように、光学系条件項目として、結像倍率を変えることによって、解像度を調整することができる。また、検出光学系13には、繰り返される回路パターンのエッジから得られる干渉光を遮光する可変空間フィルタを設置されている場合には、光学系条件項目として、この可変空間フィルタに可変制御可能に形成されたパターンのピッチおよびその形状がありうる。このように、光学系条件項目として、可変空間フィルタを調整することによって、ノイズ除去の調整を行うことができる。

【0033】また、光学系条件項目としては、半導体ウエハ11を連続的に移動させるステージ12の移動速度がある。また、光学系条件項目としては、検出器13aとしてTDIセンサ等で構成した場合、TDIセンサから蓄積された画素信号を読み出す走査速度も考えられる。このように、ステージ12の移動速度およびTDIセンサから蓄積された画素信号を読み出す走査速度を変えることによって、ダイナミックレンジや感度を調整することができる。

【0034】以上説明したように、光学系条件項目としては、検出器13aから画像信号を得るための光学系の条件項目である。

【0035】その作用を説明すると、まず、全体制御部16は、半導体ウエハ11を連続的に移動させるように、ステージ12を制御する。これに同期して、順次、ウエハ内の検査領域の画像がCCDやTDIセンサなどの検出部13aより取り込まれる。検出部13aのセンサは入力された信号をA/D変換回路14に出力する。A/D変換回路14は、複数個に分割されて画素信号として入力されたアナログ信号をデジタル信号に変換し、画像処理部15に出力する。画像処理部15は、入力された画像信号より欠陥検出処理を行い、欠陥検出結果を全体制御部16へ送信する。全体制御部16は、検出さ

れを選択した全テスト条件について行い（S1308）、最も検出した欠陥数が多く、かつ誤検出が少ない光学系条件を1つ決定する（S1309）。

【0008】次に、光学系条件と同様に、画像処理のパラメータを設定しなおし（S1310）、テスト検査（S1311）、検出率チェック（S1311）を感度が十分に良くなるまで繰り返し（S1313）、最適な画像処理条件を決定した後、検査を行う（S1314）。

【0009】このようなテスト条件（検査条件）の設定方法では、ユーザの目視確認による官能評価であるため、経験則や熟練を要し、設定結果には個人差が生じる。また、テスト条件を絞り込んだ際に、高感度となるテスト条件が必ず含まれているとも限らない。更に、テスト条件の設定と目視確認を繰り返すため、ユーザにとってテスト条件設定のための拘束時間が多大なものになる。

【0010】本発明の目的は、このような課題を解決するために、ユーザの拘束時間を軽減し、最適なテスト条件の選択を可能にし、常に高感度な欠陥検査を実現できるようにした欠陥検査方法および欠陥検査装置を提供することにある。

【0011】また、本発明の他の目的は、欠陥検査装置間の感度誤差を低減するようにした欠陥検査方法および欠陥検査装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、予め設定された複数の光学系条件項目から構成される複数のテスト条件を変えながら、光または荷電粒子のビームを被検査対象基板に照射することによって被検査対象基板から発生する光、二次電子、反射電子、透過電子、吸収電子のいずれかを検出して画像信号に変換し、該変換された画像信号をA/D変換して得られたデジタル画像信号を基に前記被検査対象基板上での欠陥部を見付け一連のテスト検査を行うことを特徴とする欠陥検査方法およびその装置である。

【0013】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において被検査対象基板上に見付けられた欠陥部の情報を、複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする。

【0014】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において被検査対象基板上に見付けられた欠陥部の情報を、複数のテスト条件について並べて提示し、該提示された欠陥部の情報を基に最適なテスト条件を選択することを特徴とする。

【0015】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の

内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする。

【0016】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示し、該提示された指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を基に最適なテスト条件を選択することを特徴とする。

【0017】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に虚報を含めて欠陥部の種類を分類し、該分類された結果を複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする。

【0018】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に真の欠陥部と虚報とに識別し、該識別された結果を複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする。

【0019】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、一連のテスト検査結果として、前記各テスト条件において見付けられた欠陥部のデジタル画像信号を基に真の欠陥部と虚報とに識別し、該識別された虚報比率の低いテスト条件を選択することを特徴とする。

【0020】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、前記欠陥部の情報としては、欠陥部の分布を示す欠陥マップであることを特徴とする。

【0021】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、更に、前記テスト条件の相互間における欠陥部の一致度を提示することを特徴とする。

【0022】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、前記欠陥部の情報としては、指定した欠陥部の画像、指定した欠陥部のコントラスト、指定した欠陥部の明るさ若しくは濃淡差、指定した欠陥部の輝度分布の何れか複数の組であることを特徴とする。

【0023】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、更に、前記各テスト条件において得られたデジタル画像信号の内、指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報を、複数のテスト条件について並べて提示することを特徴とする。

【0024】また、本発明は、前記欠陥検査方法およびその装置において、前記指定した領域におけるデジタル画像信号に関する情報としては、画像、コントラスト、明るさ、輝度分布の何れか複数の組であることを特徴とする。

れた欠陥をユーザインターフェース部17へ表示させる。

【0036】ここで、検出光学系13の検出部13aにおいて、検査対象領域を取り込む際の、偏向条件、波長域、パワー、倍率等の光学系条件の設定値によって、検査対象の像の見え方は大きく変わってくることになる。このため、高感度に検査を行う場合には、光学系条件を最適値に設定しておく必要がある。しかし、最適値は回路パターンの構造やどの工程のものであるか等、対象物によって異なるため、適宜最適値を設定する必要がある。

【0037】そのための本発明に係る光学式外観検査装置における光学系条件の設定方法の一実施例を以下に説明する。

【0038】図2は本発明に係る光学式外観検査装置における光学系条件の設定方法のフローの一実施例を示したものである。

【0039】図2に示す如く、本発明では、光学式外観検査装置を用いて、まず、全体制御部16に対して設定されたある光学系条件（偏向条件、波長域、パワー、倍率等）で、ユーザがテスト検査を行い（S201）、全体制御部16は、画像処理部15において検出した欠陥の中から、検出したい欠陥をラフな条件で見つけ、その欠陥の座標を、ユーザインターフェース部（表示装置）17を介して指定して全体制御部16に入力する（S202）。また、表示装置17等の画面に表示された被検査対象のマト部のように特に高感度で検査したいパターン領域も指定して全体制御部16に入力する（S203）。画像処理部15において、ラフな条件での欠陥を見つける方法としては、例えば半導体ウエハ上に繰り返されるチップ毎にA/D変換器14から得られる画像信号同士を比較して差画像信号を抽出し、この抽出された差画像信号を判定しきい値と比較することによって欠陥（欠陥候補）を見つけることができる。そして、全体制御部16は、画像処理部15において見つけれられた欠陥の差画像信号もしくはA/D変換器14から得られる欠陥画像信号を表示装置17に表示することによって、画面上で欠陥の座標を指定することが可能となる。なお、欠陥の画像の特徴量（面積や形状など）を元に、欠陥の座標を自動的に指定するようにしてもよい。

【0040】また、全体制御部16がCADシステム（図示せず）から例えばネットワークを介して得られる、半導体ウエハ上に配列されたチップ内の設計情報を表示装置17に表示することによって、マト部のように、特に高感度で検査したいパターン領域を指定することが可能となる。

【0041】次に、ユーザは、表示装置17等に表示出力された複数の光学系条件項目の組み合わせによるテスト条件を、画面上において複数個選択して全体制御部16に入力する（S204）。本実施例では、検査のため

の光学系条件は、図3に示すように複数個の光学系条件項目A（例えば、レーザ光源2bから出射して半導体ウエハの表面に高角度で照射されるレーザパワー）、B（例えば、レーザ光源2aから出射して半導体ウエハの表面に低角度で照射されるレーザパワー）、C（例えば、検出光学系13における結像倍率）、D（例えばステージ12の移動速度およびTDIセンサから蓄積された画素信号を読み出す走査速度）……について、各項目のレベル1、2、3……の組み合わせからなっている。このため、ユーザは組み合わせの異なる複数個の検査条件、例えば、テスト条件（検査条件）1としては、光学系条件項目A（例えば、レーザ光源2bから出射して半導体ウエハの表面に高角度で照射されるレーザパワー）のレベルは2、光学系条件項目B（例えば、レーザ光源2aから出射して半導体ウエハの表面に低角度で照射されるレーザパワー）のレベルは1、光学系条件項目C（例えば、検出光学系13における結像倍率）のレベルは3、テスト条件（検査条件）2としては、光学系条件項目Aのレベルは1、光学系条件項目Bのレベルは1、光学系条件項目Cのレベルは2というように複数個のテスト条件を、全体制御部16に対して入力してあらかじめ設定しておく。

【0042】なお、テスト条件には、得られた画像信号から欠陥部若しくは欠陥候補を見付け出す画像処理パラメータも含むことになる。画像処理パラメータの代表とするものには、A/D変換器14から得られる検出デジタル画像信号と参照デジタル画像信号との差画像に対する判定しきい値がある。

【0043】このように、ユーザによるテスト条件（検査条件）の設定が完了すると、全体制御部16からの指令に基づいて一連のテスト検査を行う（S205）。この全体制御部16からの指令に基づく一連のテスト検査は、S202およびS203でユーザが指定した欠陥、及びパターン領域を含む小領域を、設定された光学系条件に自動で切り替えながら順次、検査するものである。

【0044】一連のテスト検査が終わると、全体制御部16は、各テスト条件により得られた欠陥マップをユーザインターフェース部17に並べて表示する（S206）。欠陥マップとは、図4に示すようにテスト検査で、画像処理部15において検出された（見つけれられた）欠陥候補がどのあたりにあったかを、検査した領域に対応させてプロットしたものである。図4（a）には、テスト条件1において、ウエハの外周及び内側で多数の欠陥が検出された例を示している。図4（b）には、テスト条件2において、ウエハの外周の欠陥はあまり検出されていないことを示している。図4（c）には、テスト条件3において、ウエハの内側に欠陥が少しだけ検出されたことを示している。図4（a）～（c）に示す欠陥マップは、一つの半導体ウエハ11上に発生した総欠陥数と合わせて、並べて表示されるのでユーザ

はどの検査条件で最も良好に欠陥が検出されているか一目で判断することができる。なお、全体制御部16は、画像処理部15において検出された欠陥について指定された欠陥座標を基に、欠陥マップを作成し、総欠陥数も算出することができる。

【0045】更に、全体制御部16は、テスト検査結果として、ユーザがあらかじめ指定しておいた欠陥の画像、コントラスト、濃淡差、輝度分布、正常部分の濃淡差のばらつきを並べて表示する(S207)。図5はその表示例を示しているが、図5(a)(b)(c)は、それぞれテスト条件1、2、3の光学条件で検出した場合の指定欠陥の画像、コントラスト、濃淡差、更に、輝度分布をグラフ表示、正常部の濃淡差のばらつきを表示したものである。コントラストとは、欠陥の周辺部に対して、欠陥がどの程度の輝度変化成分をもっているかの定量値であり、全体制御部16は、画像処理部15から得られる指定された欠陥を含む画像から上記コントラストとして算出することができる。濃淡差とは、比較検査の場合、欠陥のない部分と比較した場合の差分値であり、全体制御部16は、画像処理部16から差画像信号として取得することが可能である。輝度分布は、背景の光量、及び欠陥部分の光量の比較を視覚的に示したグラフであり、全体制御部16は、画像処理部15から得られる指定された欠陥部分と背景とからなる画像信号から輝度分布として算出することができる。

【0046】以上説明したように、全体制御部16は、ユーザインターフェース部17に、テスト検査結果として、図5に示す如く、ユーザがあらかじめ指定しておいた欠陥の画像、コントラスト、濃淡差、輝度分布、正常部分の濃淡差のばらつきを並べて表示することにより、ユーザは、どの光学系条件が最も欠陥を強調するかを定量的に評価することができる。

【0047】更に、全体制御部16は、テスト検査結果として、ユーザがあらかじめ指定しておいた、特に高感度で検査したい領域の画像、コントラスト、明るさ、輝度分布を並べて表示(提示)する(S208)。図6はその表示例を示しているが、図6(a)(b)(c)は、それぞれテスト条件1、2、3の光学系条件で検出した場合の指定領域の画像、コントラスト、明るさ、更に、輝度分布をグラフ表示したものである。コントラストとは、指定した領域がどの程度の輝度変化成分をもっているかの定量値であり、全体制御部16は、画像処理部15から得られる指定した領域の画像から上記コントラストとして算出することができる。明るさとは、指定した領域の輝度値の平均であり、全体制御部16は、画像処理部15から得られる指定した領域の画像信号から輝度値の平均を取ることによって、明るさとして算出することができる。輝度分布は、指定した領域における光量の変化を視覚的に示したグラフであり、全体制御部16は、画像処理部15から得られる指定された領域の画

像信号から輝度分布として算出することができる。

【0048】以上説明したように、全体制御部16は、ユーザインターフェース部17に、図6に示す如く、テスト検査結果として、ユーザがあらかじめ指定しておいた、特に高感度で検査したい領域の画像、コントラスト、明るさ、輝度分布を並べて表示することにより、ユーザは、どの光学条件の時、指定領域で光量が十分にとれているかを定量的に評価できる。

【0049】以上、図4～図6には検査結果とともに、実際のテスト条件(検査条件)も表示する。このように各テスト条件と、その時の定量的な検査結果の比較表示をもとに、ユーザはテスト条件を選択する(S209)。

【0050】以上説明したように、光学式外観検査装置において、全体制御部16に対して、ユーザが光学系条件項目の組み合わせをあらかじめ設定すると、その一連の検査を自動で行い、その検査結果をユーザインターフェース部17に定量的に表示することにより、評価値からユーザが最適なテスト条件を容易に選択できるようにするが、別の実施例として、更に光学系条件による欠陥検出性能までを表示(提示)し、ユーザによる選択をより確実、かつ容易にすることも可能である。

【0051】その一実施例のフローを図7に示す。S201～S208までは図2の実施例と同じであるが、各光学条件において画像処理部15で検出した欠陥候補を、更に、全体制御部16は、自動で欠陥と虚報とに分類し、検出数に対する虚報比率を算出してユーザインターフェース部17に表示する(S210)。この時、全体制御部16は、欠陥についての高角度照明による画像信号H(i)と低角度照明による画像信号L(i)との比率 $K = H(i) / L(i)$ 等の相関関係、若しくはそれぞれの画像信号から得られる特徴量(例えば、面積、ベクトル軸方向およびそれに直角方向の寸法、ベクトル軸のモーメント、形状等)を基に、その種類(例えば異物欠陥、回路パターン形状欠陥、配線パターンの断線および短絡、例えばCMPをした際の絶縁膜上のスクラッチ等)に自動分類し、表示する。特に、異物欠陥の場合、粒子状の凸形状であるため、Kが小さくなり、スクラッチの場合、非常に浅い凹形状であるため、Kが大きくなる。そのため、Kの値により、異物欠陥とスクラッチとを分類することが可能となる。また、パターン欠陥については、形状等の特徴量に基づいて分類することができる。

【0052】上記表示の一実施例を図8に示す。図8(a)(b)(c)はそれぞれテスト条件1、2、3の光学条件で検出した場合の欠陥(異物、形状不良、スクラッチ等)と虚報の分類結果を検査領域に対応してプロットしたもので、虚報と欠陥、更にどんな種類の欠陥かどの辺りに分布しているかを一目でわかるように表示(提示)する。また、総検出数に対する虚報の割合、各

種類の欠陥の数もしくは割合も併せて表示する。詳しく各種種類の欠陥の内容を見たい場合には、図9に示すようにその部分をマウスでクリックすると、プルダウンで、図5で示したような欠陥の詳細情報（欠陥の画像信号、コントラスト、濃淡差、輝度分布）が表示される。これにより、光学系条件により、どんな種類の欠陥がどう見えているかが一目でわかる。また、全体制御部16は、これらの分類結果をもとに、各テスト条件間での欠陥の一致度も表示する（S211）。その例を図10に示すと、各テスト条件相互間で共通に検出された欠陥（欠陥の一致度を示す）は各条件の円の交わり部分（図中の斜線部分）になっている。これらの欠陥検出性能を見比べて、ユーザはユーザインターフェース部17上において検査条件を選択して全体制御部16に入力する（S212）。即ち、ステップS212は、ユーザ（人間）が定量評価値を目視で確認して検査条件を選択して全体制御部16に入力する。

【0053】ここまで、定量評価値をもとにテスト条件（検査条件）を決定する実施例を示したが、各定量評価値の合格値をユーザがあらかじめ全体制御部16に対して入力して設定しておいて、全体制御部16がそれを満足する、または、合格値に最も近い検査条件を自動で選択することもできる。

【0054】その一実施例のフローを図11に示す。例えば、図11に示すように、S201～S204まではこれまでの実施例と同様であるが、本実施例ではテスト検査の前に、各定量評価項目の合格値（例えば、欠陥の濃淡差が25以上（判定しきい値）であるとか、虚報が10%以下であるなど）を入力して全体制御部16に対して設定する（S213）。即ち、ステップS213は、テスト条件として高感度化したいパターン領域（例えばマット部）における明るさ、コントラスト等を入力して全体制御部15に対して設定する。これは、テスト条件の全項目について設定しても、テスト条件の特定項目のみ設定してもかまわない。

【0055】そしてこれまでの実施例と同様にテスト検査、結果表示（結果提示）をする（S205～S211）。

【0056】そして、更に設定された評価項目の合格値に対する満足度を各テスト条件について表示（提示）する（S214）。その実施例を図12に示す。ここでは5つの評価項目について、合格値が設定されており、各検査条件のときに、それぞれの合格値に対し、テスト検査結果がどの程度、満足しているかをレーダーチャートで示した例である。これをもとにユーザが最適条件を決定することも可能であり、最も満足度の高かったテスト条件を全体制御部16は自動で選択することも可能である（S215）。

【0057】以上、これまでの実施例では、ユーザが設定した複数のテスト条件から最適条件を選択する実施例

を説明したが、本発明では、テスト条件の設定から完全に自動で行うことも可能である。これは、過去に設定したテスト条件とそのときのウエハの工程等を入力して、例えば全体制御部16に接続される記憶装置若しくはメモリ（図示せず）にデータベースとして記憶しておき、同じ工程のウエハの条件を出すときは、過去に設定条件と、その条件の周りで少し条件をふったものの一連テスト検査を全体制御部16の制御を基に自動で行い、最適値を自動選択、もしくはユーザが選択する。

【0058】また、検査対象のウエハの工程毎に、評価関数を作って例えば全体制御部16に接続される記憶装置若しくはメモリ（図示せず）に記憶しておき、全体制御部16は、該評価関数にあったテスト条件に設定することも可能である。更にルールをあらかじめ作って例えば全体制御部16に接続される記憶装置若しくはメモリ（図示せず）に記憶しておき、全体制御部16は、例えば、ある光学系条件で、1つの評価項目に対してある結果が得られたとき、それをもう少し向上させるためには、どの光学条件をどちらにふればよいなど、得られた評価結果からルールに従って条件を追いついていくことも可能である。

【0059】また、過去の条件やルールが無くても、全体制御部16は、設定した評価項目の合格値（レーダーチャートの理想形）に近づけていくように完全自動で条件を追いついていくことも可能である。完全自動化の場合、途中結果や評価結果を全く表示しなくてもよい。

【0060】このようにして、検査条件を決定した後、実際の検査を行うが、本発明に係る光学式外観検査装置では、全体制御部16が、検査の最中に、検査感度（検査性能）をリアルタイムでユーザインターフェース部17に表示する。検査感度とは、例えば、比較検査での位置ずれ検出性能、現在検査している感度、虚報比率、欠陥の種類、コントラスト、濃淡差などである。これにより、選択したテスト条件が正しく機能しているか否かの結果が検査開始後、即座に確認することができる。

【0061】以上、本発明の一実施の形態を、半導体ウエハを被検査対象としたDUV光学式外観検査装置における光学系条件出し方法について説明したが、電子線等の荷電粒子線式パターン検査や光学式検査における光学系の条件出しにも適用可能である。また、検査対象は半導体ウエハに限られるわけではなく、テスト条件（検査条件）の設定が必要なものであれば、適用可能である。また、光学系条件に限らず画像処理パラメータ（特に判定しきい値）の自動設定などにも本発明は適用可能である。

【0062】以上説明した実施の形態によれば、以下に説明する効果が得られる。

【0063】まず、ユーザがあらかじめ設定した複数の光学条件について、自動で設定を変えながら一連のテスト検査を行うことによりユーザの拘束時間を軽減する

ができる。

【0064】また、ユーザが指定したパターンや欠陥についての各テスト条件での画像、コントラスト、輝度分布などを定量的に並べて表示することにより、非熟練者であっても容易に、かつ、確実に最適条件の選択を可能にすることが可能になる。

【0065】また、最適なテスト条件を自動で選択することにより、個人差によらず、常に高感度な検査を実現することが可能になる。

【0066】また、一連のテスト検査の結果から自動欠陥／虚報識別を行い、その分類結果をマップに表示、虚報比率の低い条件を自動で選択することにより、最高感度を引き出すことが可能になる。

【0067】また、これらにより、同じ検査装置が複数台あった場合、欠陥検査装置間の感度誤差を低減することが可能となる。

【0068】また、設定したテスト条件で検査を行っている際に、検査性能（検査感度）をリアルタイムで表示するので、設定したテスト条件が正しかったかの確認を即座にすることが可能となる。

【0069】

【発明の効果】本発明によれば、テスト条件設定のためにユーザの拘束時間を軽減し、非熟練者であっても容易に、かつ、確実に最適なテスト条件の選択を可能にし、個人差によらず、常に高感度な欠陥検査を実現できる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる欠陥検査装置の一実施の形態である光学式外観検査装置を示す概略構成図である。

【図2】本発明に係る光学系条件設定のフローの一実施

例を示す図である。

【図3】本発明に係るテスト条件のための光学系条件設定の一実施例を示す図である。

【図4】本発明に係るテスト検査による欠陥マップ表示の一実施例を示す図である。

【図5】本発明に係るテスト検査による指定欠陥の定量評価値表示の一実施例を示す図である。

【図6】本発明に係るテスト検査による指定領域の定量評価値表示の一実施例を示す図である。

【図7】本発明に係る光学系条件設定のフローの一実施例を示す図である。

【図8】本発明に係るテスト検査による虚報と欠陥の自動分類結果表示の一実施例を示す図である。

【図9】本発明に係るテスト検査により検出した欠陥の詳細情報表示の一実施例を示す図である。

【図10】本発明に係るテスト検査による欠陥の一致度表示の一実施例を示す図である。

【図11】本発明に係る光学系条件設定のフローの一実施例を示す図である。

【図12】本発明に係るテスト検査による評価項目満足度表示の一実施例を示す図である。

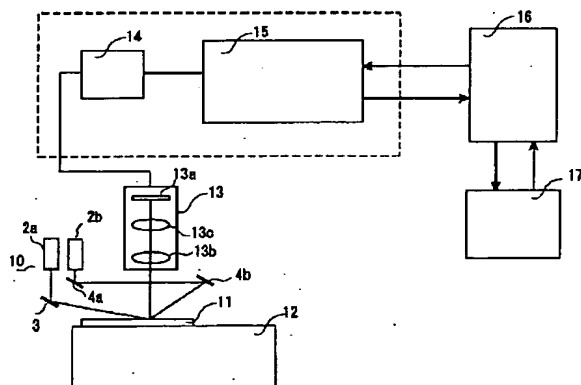
【図13】従来技術によるテスト条件設定のフローを示す図である。

【符号の説明】

2a…レーザ光源、2b…レーザ光源、3…ミラー、4a、4b…ミラー、10…照明光学系、11…半導体ウエハ、12…ステージ、13…検出光学系、13a…検出器、13b…対物レンズ、14…A/D変換回路、15…画像処理部、16…全体制御部、17…ユーザインターフェース部（提示部、表示部）。

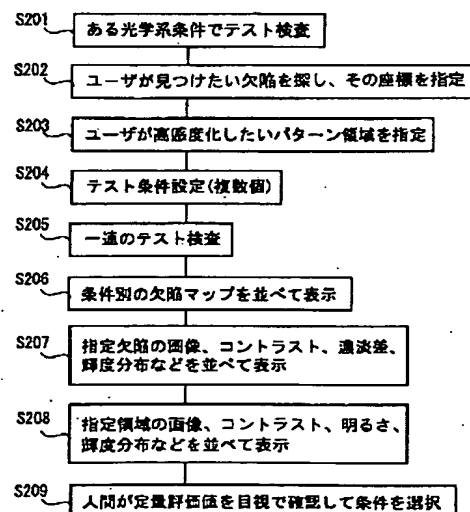
【図1】

図 1



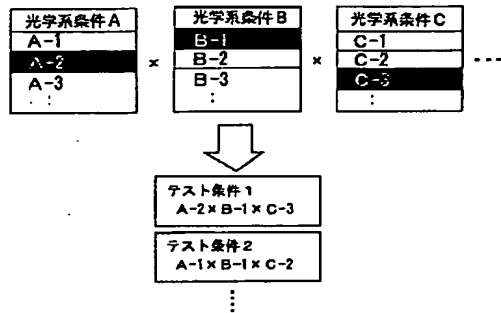
【図2】

図 2



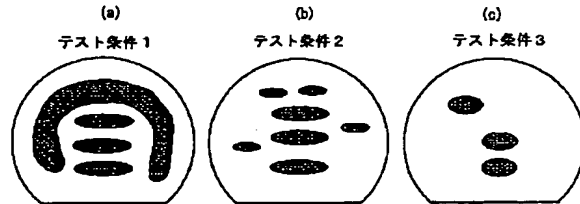
【図3】

図3



【図4】

図4

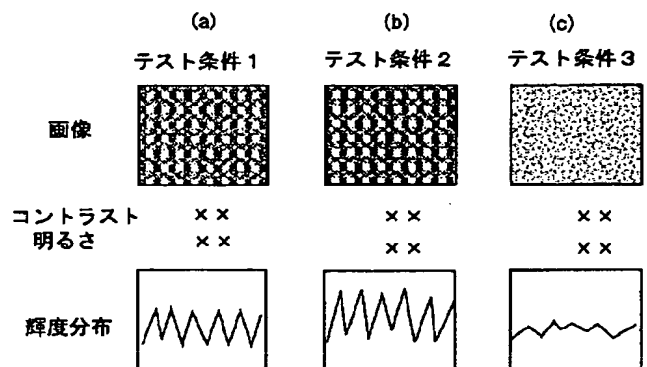
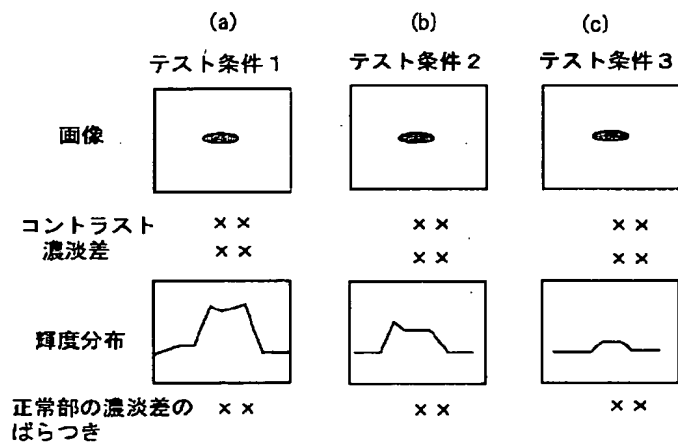


【図6】

図6

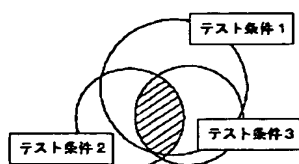
【図5】

図5



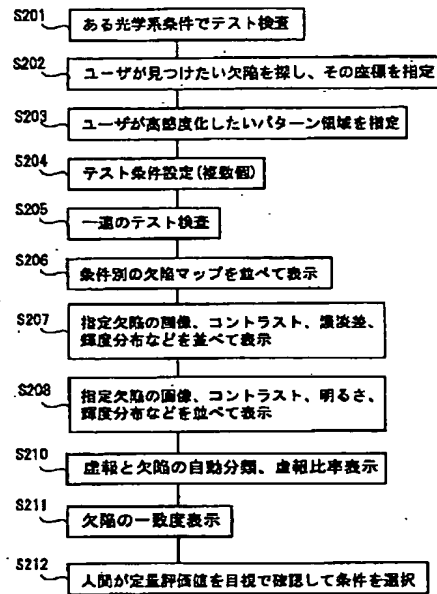
【図10】

図10



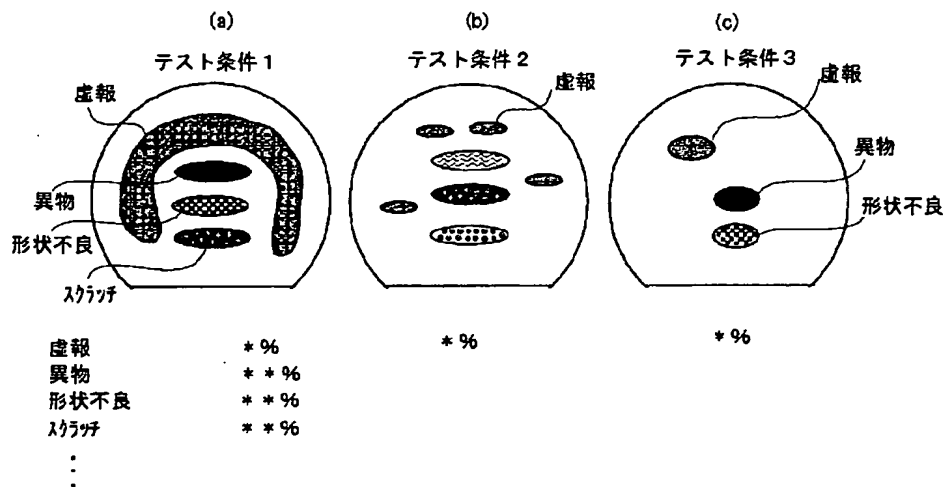
【図7】

図7



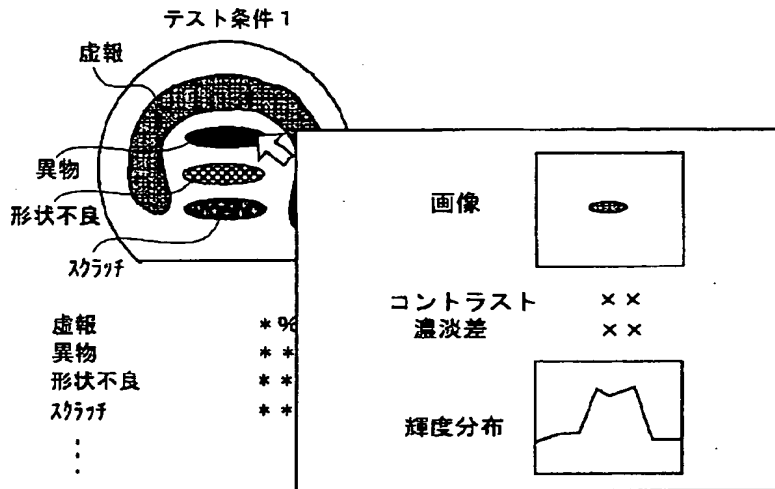
【図8】

図8



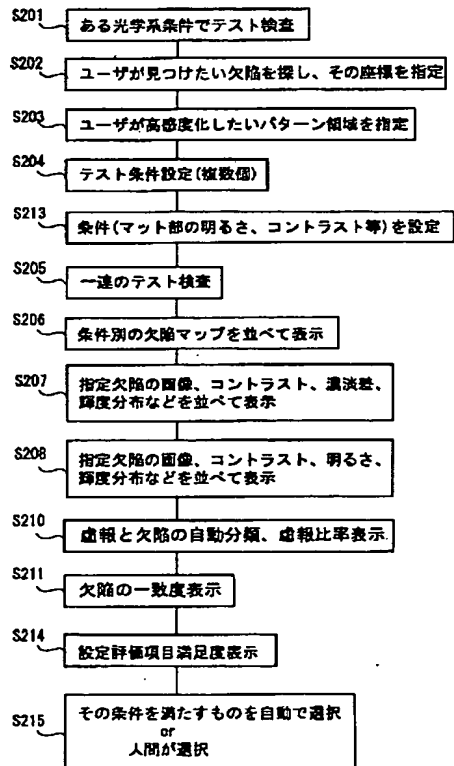
【図9】

図9



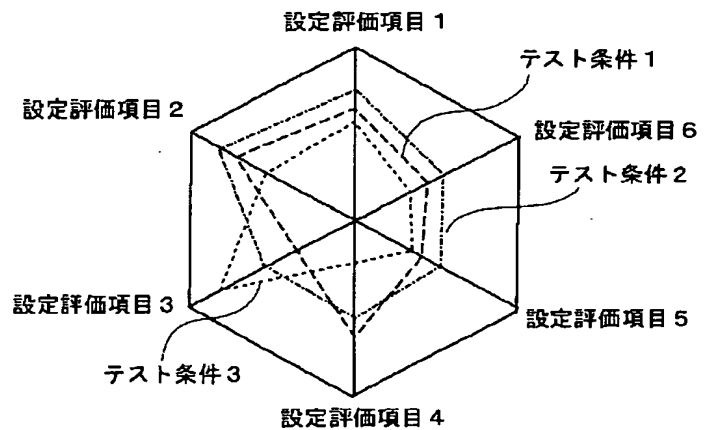
【図11】

図11

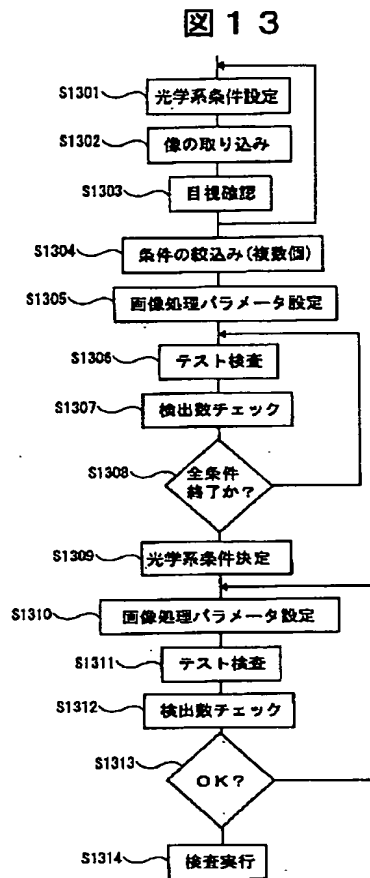


【図12】

図12



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 N 23/225		G 0 1 N 23/225	5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00	3 0 5	G 0 6 T 1/00	3 0 5 A
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J

(72) 発明者 岡部 隆史
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
 式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 渡辺 正浩
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
 式会社日立製作所生産技術研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA49 CC19 DD06 FF01 FF04
GG04 GG21 HH12 HH14 JJ03
JJ26 LL21 MM03 MM22 PP12
QQ03 QQ25 QQ31 SS02 SS13
2F069 AA60 BB15 DD15 GG07 GG08
JJ12 JJ19 MM23 NN08
2G001 AA03 BA07 BA11 BA15 CA03
GA06 HA05 HA13 HA20 JA13
JA16 KA03 LA11 MA05
2G051 AA51 AB01 AB02 AC01 BA10
DA05 EA11 EC02 FA01
4M106 AA01 BA02 BA05 CA38 CA41
DA15 DB04 DB08 DJ11 DJ23
DJ39
5B057 AA03 BA24 BA29 CA08 CA12
CA16 CB08 CB12 CB16 CC03
CH01 CH16 DA03 DB02 DB09
DC32 DC36